

### Refroidissement d'un stator

L'invention se rapporte au refroidissement d'un stator d'une machine électrique, le stator comportant un circuit de refroidissement autonome c'est à dire distinct d'autre circuit de refroidissement comme par exemple, celui d'un rotor de la machine électrique. L'invention est particulièrement adaptée au refroidissement d'une machine électrique fonctionnant à haute température et refroidie par une circulation d'huile. La température de l'huile est par exemple comprise entre 100 et 140 °C. L'étanchéité du circuit de refroidissement doit être assurée entre le stator immergé dans l'huile et l'ensemble rotor au niveau d'un entrefer séparant le rotor du stator.

On a réalisé l'étanchéité du circuit de refroidissement au moyen d'une coque étanche solidaire du stator et disposée dans l'entrefer. Ce type de réalisation engendre de nombreuses contraintes. La coque, située dans l'entrefer, doit impérativement être non-conductrice de l'électricité afin de ne pas produire des pertes qui seraient rédhibitoires. Elle doit être aussi mince que possible, car soit elle constitue un entrefer électromagnétique supplémentaire (si elle est amagnétique), soit elle augmente les fuites magnétiques (si elle est magnétique). Elle doit enfin assurer l'étanchéité à l'huile sur toute la longueur de la machine. Sa face externe est exposée à la température relativement basse de l'huile circulant dans le stator, mais sa face interne est exposée à la température élevée de l'air présent dans l'entrefer. La coque doit avoir des caractéristiques mécaniques suffisantes pour résister à ce gradient de température important et également pour conserver ses dimensions et ne pas se déformer dans l'entrefer. L'ensemble de ces contraintes peut se résumer à la réalisation d'une coque cylindrique mince et étanche, utilisant un matériau non-conducteur de l'électricité, et capable de résister à ces températures élevées sans se déformer.

L'invention a pour but de simplifier la réalisation de la coque en éliminant un grand nombre des contraintes mentionnées plus haut. A cet effet l'invention a pour objet un stator d'une machine électrique comportant un circuit de refroidissement autonome, des moyens d'étanchéité du circuit de refroidissement par rapport à un rotor de la machine électrique, un circuit magnétique comportant des encoches, un bobinage disposé dans les

encoches, caractérisé en ce que les moyens d'étanchéité comprennent une coque étanche disposée en sandwich dans le circuit magnétique.

L'invention trouve une utilité particulière pour des machines électriques nécessitant une inductance de fuite élevée. Par exemple, lorsque la machine est un alternateur, l'inductance de fuite permet de réduire le courant de court circuit en cas de défaut. Pour augmenter l'inductance de fuite, on réalise des encoches plus profondes que ne nécessite le remplissage du bobinage dans les encoches. La coque peut alors être positionnée en sandwich, à l'intérieur du circuit magnétique et la totalité du bobinage peut néanmoins être disposée à l'extérieur de la coque et donc être refroidie par le circuit de refroidissement.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

la figure 1 représente, en coupe partielle, une machine électrique comprenant un stator conforme à l'invention ;

la figure 2 représente un secteur angulaire du stator de la figure 1, en coupe par un plan perpendiculaire au plan de coupe de la figure 1.

La figure 1 représente une machine électrique 1 comportant un rotor 2 dont les détails ne sont pas représentés, ainsi qu'un stator 3 fixé à l'intérieur d'une carcasse 4 formée de deux pièces 5 et 6. Le rotor 2 et le stator 3 sont séparés par un entrefer 25. Le stator 3 comporte un circuit magnétique en deux parties 7 et 8 séparées par une coque 9. Ainsi la coque 9 est placée en sandwich dans le circuit magnétique. La carcasse 4 et la coque 9 forment une enceinte étanche 10 à l'intérieure de laquelle circule un fluide assurant le refroidissement du stator 3. On utilise par exemple de l'huile comme fluide de refroidissement. On peut placer un ou plusieurs joints toriques entre la carcasse 4 et la coque 9 pour améliorer l'étanchéité au niveau de l'interface entre la coque 9 et la carcasse 4. Dans l'exemple représenté, deux joints 11 et 12 ont été mis en œuvre.

Avantageusement, la coque 9 est de forme tubulaire et est centrée autour d'un axe 13 de révolution de la machine électrique et le circuit magnétique comporte un premier empilage de tôles 7 réalisé à l'extérieur de

## 3

la coque 9 et un second empilage de tôles 8 réalisé à l'intérieur de la coque 9. Les tôles 7 et 8 sont planes et perpendiculaires au plan de la figure 1.

La figure 2 représente en coupe un secteur angulaire du stator 3 par un plan perpendiculaire à l'axe 13. Pour avoir une vision complète du stator 3, on duplique le secteur angulaire autour de l'axe 13.

Le premier empilage de tôles 7 comporte des encoches 14 à l'intérieur desquelles un bobinage 15 est disposé. Le bobinage 15 est par exemple formé de barres de cuivre 16 de section rectangulaire. Les encoches 14 sont avantageusement de largeur constante correspondant à la section des barres 16. Avantageusement, des canaux 17 sont ménagés entre les barres 16. Le fluide de refroidissement circule dans les canaux 17 afin de refroidir le bobinage 15 et l'ensemble du stator 3. Le bobinage est disposé au fond des encoches 14. On peut compléter le remplissage de chaque encoche 14 en disposant une cale 18 réalisé dans un matériau isolant telle qu'une résine chargée de fibres de verre. La cale 18 comporte avantageusement des canaux 17 afin d'améliorer le refroidissement du stator 3.

La coque 9 est disposée entre le premier empilage de tôles 7 et le second empilage de tôles 8. Ainsi la coque 9 n'est plus directement exposée à l'air de l'entrefer 25 et à sa température élevée comme dans l'art antérieur décrit plus haut.

Le second empilage de tôles 8 comporte également des encoches 20 disposées dans le prolongement des encoches 14 du premier empilage de tôles 7. Avantageusement le second empilage de tôles 8 comporte des ponts 21 assurant la fermeture des encoches 20, les ponts 21 étant situés au voisinage immédiat de l'entrefer 25.

La fermeture des encoches 20 par les ponts 21 constitue une alternative directe et simple à la mise en place de cales magnétiques dans des encoches droites et ouvertes. Ces cales auraient dû de toute façon être prévues pour notamment diminuer fortement les pertes en surface du rotor 3, pertes importantes dans le cas d'une frette massive. Les ponts 21 sont directement réalisés avec les tôles du second empilage de tôles 8. Ceci évite d'éventuels défauts de contact entre des tôles réalisant des encoches ouvertes et des cales magnétiques rapportées pour fermer les encoches.

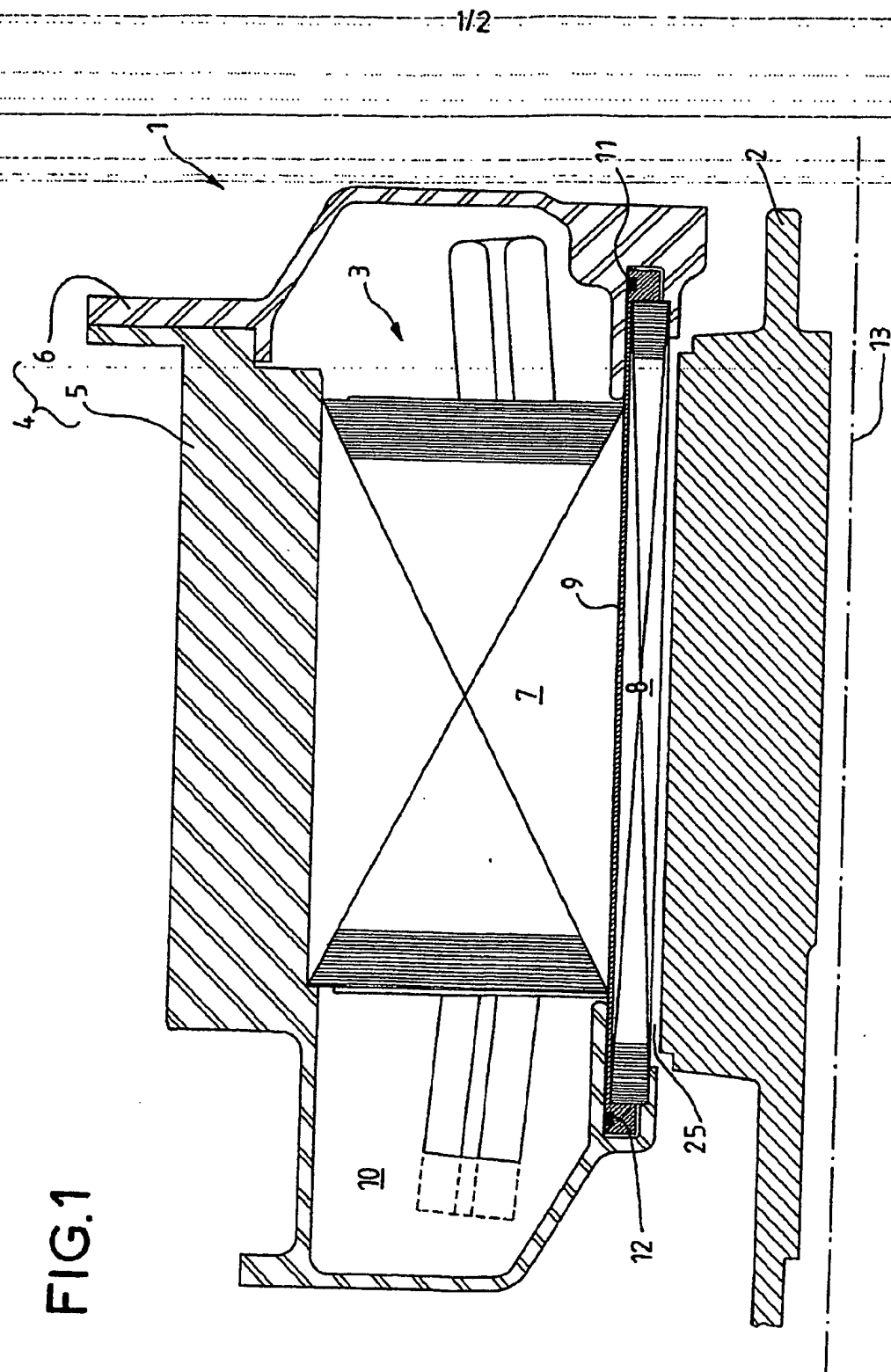
Le second empilage de tôles 8 peut servir de support mécanique à la coque 9. Ceci permet l'utilisation de matériaux n'ayant pas les caractéristiques mécaniques d'une coque de l'art antérieur. Par exemple, il n'est pas nécessaire que la coque 9 soit autoporteuse. On peut par exemple  
5 utiliser un simple revêtement étanche pour former la coque 9. Le revêtement est déposé sur l'un des empilages de tôles 7 ou 8. On utilise, par exemple, un matériau composite comportant des fibres de verre noyées dans de la résine pour réaliser le revêtement.

La position de la coque 9 par rapport à la profondeur cumulée des  
10 encoches 14 et 20 peut être ajustée en fonction des différentes contraintes de réalisation, et ce dans une plage correspondant à la hauteur de la partie non remplie de cuivre du stator 3.

**REVENDEICATIONS**

1. Stator (3) d'une machine électrique (1) comportant un circuit de refroidissement autonome, des moyens d'étanchéité du circuit de refroidissement par rapport à un rotor (2) de la machine électrique (1), un circuit magnétique comportant des encoches (14, 20), un bobinage (15) disposé dans les encoches (14, 20), caractérisé en ce que les moyens d'étanchéité comprennent une coque (9) étanche disposée en sandwich dans le circuit magnétique (7, 8).
2. Stator selon la revendication 1, caractérisé en ce que la coque (9) est de forme tubulaire et est centrée autour d'un axe (13) de révolution de la machine électrique.
3. Stator selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le circuit magnétique comporte un premier empilage de tôles (7) réalisé à l'extérieur de la coque (9) et un second empilage de tôles (8) réalisé à l'intérieur de la coque (9).
4. Stator selon la revendication 3, caractérisé en ce que le premier et le second empilage de tôles (7, 8) comportent des encoches et en ce que les encoches (20) du second empilage de tôles (8) sont disposées dans le prolongement des encoches (14) du premier empilage de tôles (7).
5. selon la revendication 4, caractérisé en ce que le bobinage (15) est complètement situé dans les encoches (14) du premier empilage de tôles (7).
6. Stator selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que le second empilage de tôles (8) comporte des ponts (21), assurant la fermeture des encoches (20) du second empilage de tôles (8), les ponts (21) étant situés au voisinage immédiat d'un entrefer (25) de la machine électrique.

7. Stator selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la coque (9) est formée par un revêtement de l'un des empilages de tôles (7 ou 8).



2/2

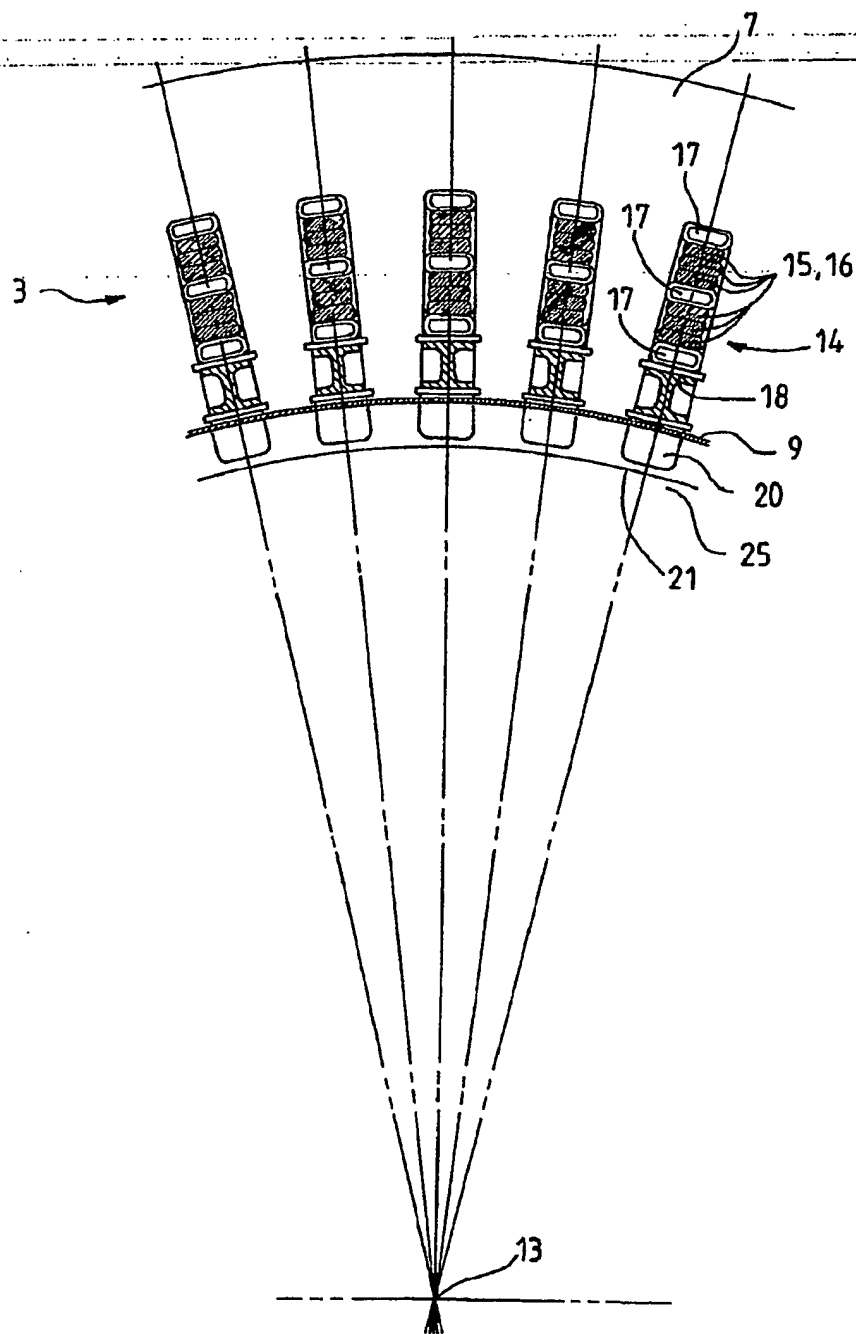


FIG. 2

BEST AVAILABLE COPY



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/051337

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H02K9/197

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 908 347 A (DENK JOSEPH) 13 March 1990 (1990-03-13) abstract; figures 1-3 -----	1-7
A	GB 2 145 882 A (TEIKOKU DENKI SEISAKUSHO KK) 3 April 1985 (1985-04-03) abstract; figures 1-3 -----	1-7
A	US 5 519 269 A (LINDBERG FRANK A) 21 May 1996 (1996-05-21) abstract; figure 3 -----	1-7
A	US 5 670 838 A (EVERTON JOHN M) 23 September 1997 (1997-09-23) abstract; figures 1,2 -----	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 September 2004

Date of mailing of the international search report

05/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tangocci, A

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/051337

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4908347	A	13-03-1990	US 4709180 A	24-11-1987
			EP 0349801 A2	10-01-1990
			US 4987674 A	29-01-1991
			DE 3679891 D1	25-07-1991
			EP 0225132 A1	10-06-1987
			JP 62126838 A	09-06-1987
			US 4852245 A	01-08-1989
			US 4968911 A	06-11-1990
			US 5030877 A	09-07-1991
			US 5233252 A	03-08-1993
GB 2145882	A	03-04-1985	CH 570731 A5	15-12-1975
			DE 1277056 B	05-09-1968
			FR 2293823 A1	02-07-1976
			GB 742378 A	21-12-1955
			JP 1604152 C	22-04-1991
			JP 2027906 B	20-06-1990
			JP 60026429 A	09-02-1985
			JP 1684106 C	31-07-1992
			JP 3050502 B	01-08-1991
			JP 60026856 A	09-02-1985
			JP 1684109 C	31-07-1992
			JP 3050503 B	01-08-1991
			JP 60069363 A	20-04-1985
			GB 231486 A	12-11-1925
			GB 485270 A	17-05-1938
			DE 2305907 A1	06-06-1974
			FR 2209248 A1	28-06-1974
			GB 1007310 A	13-10-1965
			GB 493569 A	11-10-1938
			GB 1443530 A	21-07-1976
			IT 1002111 B	20-05-1976
			JP 899733 C	15-03-1978
			JP 50005752 A	21-01-1975
			JP 52026582 B	14-07-1977
			NL 7302284 A ,B,	04-06-1974
			US 3890515 A	17-06-1975
			NL 149754 B	15-06-1976
			NO 116054 B	20-01-1969
			GB 1038564 A	10-08-1966
			NL 156368 B	17-04-1978
			NL 276214 A	
			NL 294877 A	
			NO 119446 B	19-05-1970
			BE 836086 A1	28-05-1976
			CH 588184 A5	31-05-1977
			DE 2548798 A1	10-06-1976
			DK 532175 A ,B,	03-06-1976
			GB 1498999 A	25-01-1978
			IE 41959 B1	07-05-1980
			IT 1051781 B	20-05-1981
			JP 51077748 A	06-07-1976
			LU 73910 A1	01-07-1976
			NL 7501195 A ,B,	04-06-1976
			US 4146805 A	27-03-1979
US 5519269	A	21-05-1996	AT 173117 T	15-11-1998
			CA 2192461 A1	21-12-1995

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/051337

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5519269	A	CN 1154181 A , B	09-07-1997
		DE 69505813 D1	10-12-1998
		DE 69505813 T2	29-04-1999
		EP 0764358 A1	26-03-1997
		JP 10501399 T	03-02-1998
		WO 9534936 A1	21-12-1995
US 5670838	A	23-09-1997	
		AT 144658 T	15-11-1996
		AU 671799 B2	12-09-1996
		AU 1870792 A	08-01-1993
		CA 2109821 A1	10-12-1992
		DE 69214812 D1	28-11-1996
		DE 69214812 T2	15-05-1997
		EP 0587812 A1	23-03-1994
		WO 9222121 A1	10-12-1992
		GB 2271673 A	20-04-1994
		JP 6507780 T	01-09-1994

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/051337

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5519269 A		CN 1154181 A , B	09-07-1997
		DE 69505813 D1	10-12-1998
		DE 69505813 T2	29-04-1999
		EP 0764358 A1	26-03-1997
		JP 10501399 T	03-02-1998
		WO 9534936 A1	21-12-1995
US 5670838 A	23-09-1997	AT 144658 T	15-11-1996
		AU 671799 B2	12-09-1996
		AU 1870792 A	08-01-1993
		CA 2109821 A1	10-12-1992
		DE 69214812 D1	28-11-1996
		DE 69214812 T2	15-05-1997
		EP 0587812 A1	23-03-1994
		WO 9222121 A1	10-12-1992
		GB 2271673 A	20-04-1994
		JP 6507780 T	01-09-1994